

# 運動実施高齢者の呼吸循環機能に関する研究

— 大学長距離選手との比較 —

佐藤 佑, 小島淑子, 菅野俊郎

## I はじめに

人間の体力・運動能力<sup>21)</sup>や酸素運搬機能<sup>4),8)</sup><sup>12),25)</sup>は青年期以後加齢とともに低下する。しかし全身持久力トレーニングによって酸素運搬能力は改善される<sup>9),13),14),26)</sup>といわれ、近年健康の維持増進や体力の低下を防止する意図のもとに健康マラソンやジョッギングを実施する中高年者が増加している<sup>15)</sup>。

このような中高年者の積極的な身体活動は、高齢化社会を迎えつつある今日<sup>11)</sup>、豊かな充実した老年期を過すために極めて重要なことであるが、高齢者の運動への参加には多くの危険をはらみ、細心な配慮がなされなければならない。高齢者が安全に運動に参加できるような運動処方のための基礎的資料の集積は、今後の体力増進運動への参加を高揚するためにも必要なことである。

しかし高齢者の運動時における生体反応につ

いての研究は、往々にして危険を伴うことがあり、いくつかの報告<sup>1),2),7)</sup>を除いてはなされていないのが現状である。すなわちこれらの研究は医学的に管理された被検者のトレーニング実験<sup>1),7)</sup>や、高齢者マラソン大会参加者の一部の有酸素的作業能の報告<sup>2)</sup>である。

そこで本研究は、高齢者の運動処方の基礎的資料を得る目的で、日頃運動を実施している高齢者の運動時における呼吸循環反応の結果を大学長距離選手との比較において検討したものである。

## II 実験方法

被検者は内科的、外科的疾患を持たない健康者で平常から身体運動を規則的に実施している50.9歳から76.2歳（平均64.4±8.9歳）の男子高齢者10名である。対照群は大学に在籍する長距離選手10名である。被検者の年齢、身長、体重等の身体的特性と職業、日常の運動実施の状

Table 1. Physical characteristics and daily exercises of subjects.

Group	Age yr	Height cm	Weight kg	Occupation	Daily exercise
older men N=10	64.4±8.9	162.3±4.6	57.2±4.4		
K. I.	50.9	168.1	56.3	office worker	running 3km/day
I. T.	51.7	168.2	67.7	merchant	running 6km/week
K. F.	55.0	162.8	55.6	office worker	running 6km/day
M. M.	59.8	162.3	53.0	merchant	running 5km/day
H. T.	66.2	152.0	54.2	retired	jogging 15km×3times/week
K. N.	68.4	158.7	59.4	"	running 8km/day
I. K.	68.4	163.6	60.2	"	running 20km×3times/week
H. K.	72.4	164.2	51.8	"	running 2km×2times/week
N. T.	74.6	159.0	54.5	"	jogging 1km/day
M. S.	76.2	164.5	58.8	"	walking 15km/month
long distance runners N=10	20.0±1.1	165.8±5.6	57.5±4.1	student	5000m best time 16' 15" 3 ± 38" 6

mean ± S.D.

況は Table 1 に示されている。

負荷した運動の方法およびその強度は、Monark 社製自転車エルゴメータを使用した自転車漕ぎ運動で、その強度は比較的軽い運動すなわち 150kgm/min, 300kgm/min, 450kgm/min の運動で各々 4 分間、計連続 12 分間の運動である。

測定項目は心拍数、血圧、呼吸数、換気量、酸素摂取量、酸素摂取率、酸素脈であり、これらの項目は、運動前（十分な安静座位の後）、運動中および運動後に測定された。

各項目についての測定方法および器具などは以下の通りである。

### 1) 心 拍 数

心拍数は胸部双極導出の心電図法により、運動前、運動中、回復 5 分間連続記録し、同時に瞬時心拍数計（日本光電製 Heart Rate Digital Counter）により監視した。

### 2) 血 圧

血圧は Riva Rocci 式水銀血圧計を使用し、収縮期血圧はスワンの第 1 点、弛緩期血圧はス

ワンの第 4 点を聴診法により 1 分毎に測定した。

### 3) 呼 吸 機 能

呼吸数は採気マスクにサーミスターを装着し、呼息、吸息に伴う温度変化を呼吸曲線として、心拍数と同様にペン書きオシログラフに連続記録した。呼気は運動前 5 分間および運動開始 2 分 45 秒、6 分 45 秒、10 分 45 秒から各 1 分間、ダグラスバッグ法により採集した。呼気量は湿式ガスメータ（品川製作所製 1 回転 10 l）で計量し、呼気の O<sub>2</sub> および CO<sub>2</sub> 濃度は労研式大型ガス分析器により分析した。

測定場所は仙台大学運動生理学実験室で、測定時の室温は 23.0~27.5°C であり、相対湿度は 67~77% である。

## Ⅲ 結 果

本実験で得た心拍数、収縮期血圧、拡張期血圧、脈圧、呼吸数、換気量、酸素摂取量、酸素摂取率、酸素脈について、高齢者および長距離選手の安静、運動および回復の平均値および標準偏差値を一括して Table 2 に示した。なお運

Table 2. Mean values and S. D. in various physiological measurements at resting status, 3 kinds of work load and recovery condition.

	rest	150kgm/min 2'45"~3'45"	300kgm/min 6'45"~7'45"	450kgm/min 10'45"~11'45"	recovery 4'~5'
H. R. beats/min	71.5±10.6 (66.8±6.1)	87.4±10.0 (76.6±6.6)	98.0±8.3 (88.6±5.4)	110.7±11.6 (105.6±9.8)	76.6±9.4 (70.4±10.2)
Systolic B. P. mmHg	141.0±16.2 (126.4±14.3)	165.4±16.0 (146.2±14.4)	178.4±13.5 (158.6±14.0)	189.4±18.8 (169.4±17.6)	143.8±15.1 (127.0±10.7)
Diastolic B. P. mmHg	88.2±12.4 (56.6±7.3)	93.4±9.7 (71.4±14.1)	93.6±9.8 (73.2±12.6)	90.8±12.6 (65.4±15.6)	91.6±9.3 (63.4±10.4)
Pulse Pressure mmHg	53.6±11.3 (69.8±18.4)	71.0±12.0 (74.8±17.2)	84.8±10.8 (85.4±13.3)	98.6±17.3 (104.0±18.7)	51.2±12.0 (63.6±12.3)
R. R. breaths/min	17.4±2.3 (15.5±3.4)	22.8±3.7 (20.8±3.8)	24.0±2.2 (22.1±3.2)	25.2±3.5 (25.1±2.9)	18.4±2.5 (17.1±2.9)
$\dot{V}_E$ STPD l/min	9.4±1.2 (7.8±1.7)	16.1±1.5 (14.8±1.7)	21.0±2.8 (20.2±3.4)	27.3±3.1 (25.0±2.5)	—————
$\dot{V}_{O_2}$ ml/min	249.7±38.7 (280.1±42.5)	592.8±66.4 (634.2±59.8)	779.9±135.3 (985.4±145.9)	1068.9±105.5 (1239.7±109.8)	—————
$\dot{V}_{O_2}$ ml/kg/min	4.3±0.5 (4.9±0.6)	10.5±1.6 (11.1±0.7)	13.6±2.6 (17.2±2.1)	18.8±2.1 (21.6±1.1)	—————
O <sub>2</sub> removal ml/l	26.7±3.2 (36.1±3.5)	36.8±3.8 (42.8±4.9)	37.2±4.1 (48.9±6.7)	39.2±4.4 (49.5±5.9)	—————
O <sub>2</sub> Pulse ml/beat	3.6±0.6 (4.2±0.5)	6.9±1.3 (8.4±0.9)	8.5±1.2 (10.9±2.3)	9.7±1.6 (11.9±1.8)	—————

Values are means ± S. D.. Datum of long distance runners show in brackets ( ).

動時の値というのは呼気を採集した2分45秒(150kgm/min), 6分45秒(300kgm/min), 10分45秒(450kgm/min)から各1分間の値である。また回復期は運動後4分から1分間の値である。

### 1) 心 拍 数

Fig. 1は高齢者および長距離選手の安静時, 運動中, 回復期の心拍数の平均値を30秒毎にプロットしたものである。高齢者の心拍数は長距離選手に比較して150kgm/minの運動では約11beats/min, 300kgm/minの運動では約9beats/minそれぞれ高い値を示している( $P<0.05$ )。450kgm/minの運動では差が認められず, 両者の差は運動強度の増加とともに小さくなる。運動時の終末心拍数は高齢者の場合 $110.7\pm 11.6$ beats/minで, 長距離選手は $105.6\pm 9.8$ beats/minである。

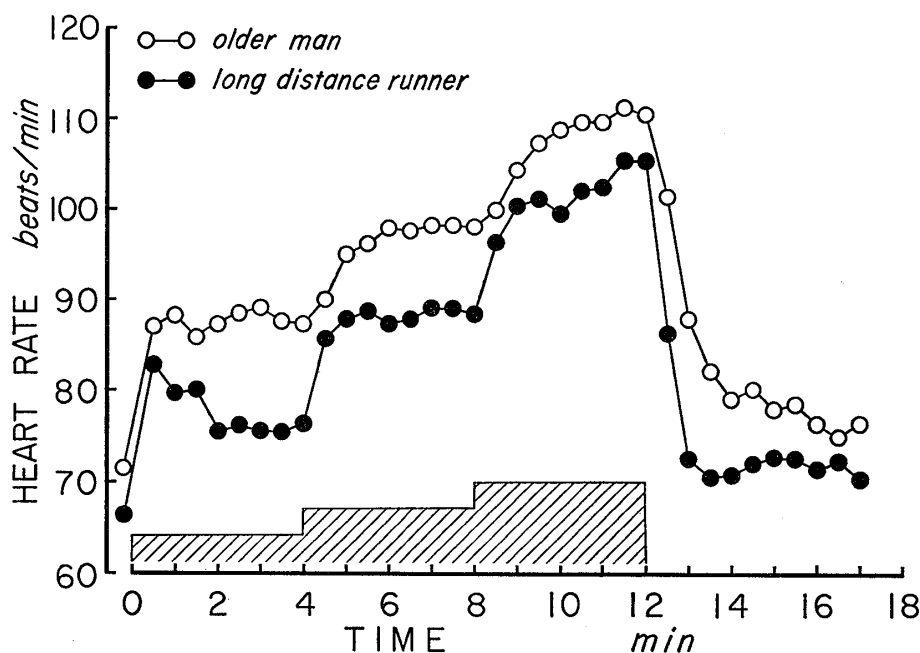


Fig. 1. Heart rate response to the progressive exercises and the recovery conditions.

運動に対する心拍数の応答についてみると, 高齢者の平均値は, 150kgm/minの運動では30秒後, 300kgm/minの運動では90秒後に一定の値を示すが, 450kgm/minの運動では漸次増加し, 定常状態が成立しない。

一方長距離選手は安静時の平均値66.8beats/minから運動開始30秒後には83.0beats/minと急激に増加し, 2分後には約76beats/minの一定の値を示すような過増加反応 over shootが認められる。300kgm/min, 450kgm/minの運動初期においても同様に, 過増加反応の傾向が認められる。長距離選手の運動時心拍数の応答の特徴は, 運動初期にみられるこの過増加反応であるといえよう。

また運動後の心拍数の回復について観察すると, 長距離選手の場合運動中止90秒後には安静時に近い値に回復しているのに対して, 高齢者の回復は明らかに遅延している。

### 2) 血 圧

Fig. 2は縦軸に収縮期血圧, 拡張期血圧, 脈圧をとり, 横軸に時間をとり, グループ別にプロットしたものである。収縮期血圧は一般的に両群とも直線的に増加する。高齢者の安静時収縮期血圧の平均値は141.0mmHgで, 運動終了前には189.4mmHgまで上昇する。とくに3名の被検者は200mmHgを越え, その最高値は224mmHgを示した。これに対して長距離選手は安静時の平均値126.4mmHgから169.4mmHgに増加するが, その増加量の平均値を比較すると高齢者よりやや少ない。また高齢者の収縮期血圧の

回復は心拍数の場合と同様に長距離選手に比べて遅い。

拡張期血圧は両群ともに運動開始後に上昇するが高齢者の増加量は長距離選手に比較して小さく, また高齢者の運動中の拡張期血圧は, 長

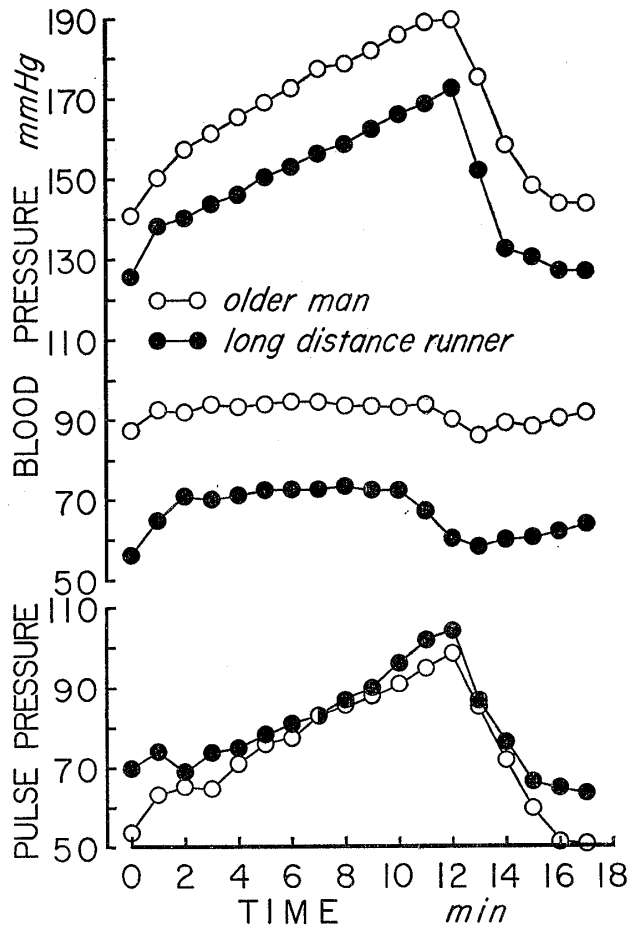


Fig. 2. Blood pressure and pulse pressure during exercises and recovery conditions.

距離選手より1%水準で有意に高い値を示している。その後定常状態を示すが、長距離選手は10分後、高齢者は11分後にそれぞれ低下し始める。しかし回復期に入って拡張期血圧は両群とも再び増加する傾向が認められる。

高齢者の脈圧は長距離選手に比較して低く、特に安静時および回復時にこの傾向は大きくあらわれ

る。

### 3) 呼吸機能

安静時および運動中、回復5分間の呼吸数の平均値を30秒間隔でグループ別にプロットしたものが Fig. 3 である。

高齢者の呼吸数は長距離選手より安静時に 2breaths/min, 運動中に2~3breaths/min, 回復時に3~4breaths/min 多い値を示している。

運動に対する呼吸数の応答についてみると、両群とも運動開始とともに急激に増加し、その後多少の凹凸がみられるものの運動終了時には約 25breaths/min に達する。とくに長距離選手の呼吸数は心拍数にみられる傾向と同様に、運動の初期に過増加反応を示す。

呼吸数の回復は長距離選手の速やかな回復に比較して高齢者の回復は遅い。

Fig. 4 は安静時および 150kgm/min, 300kgm/min, 450kgm/min の3段階の運動時における換気量、体重あたりの酸素摂取量、酸素摂取率の平均値をグループ別に示したものである。

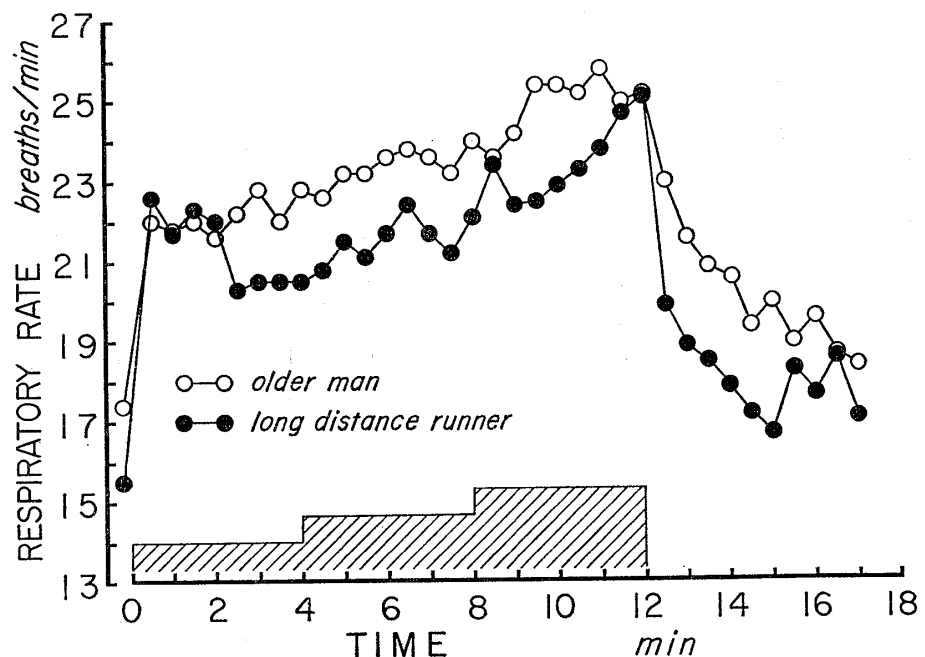


Fig. 3. Respiratory rate response to the progressive exercises and the recovery conditions.

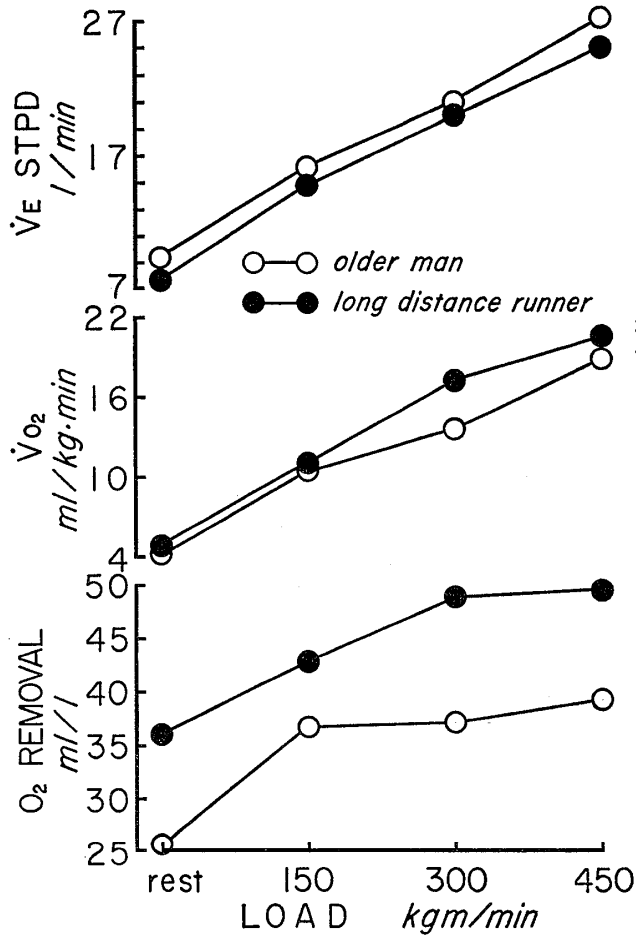


Fig. 4. Ventilation, oxygen consumption and oxygen removal at resting status and 3 kinds of work load.

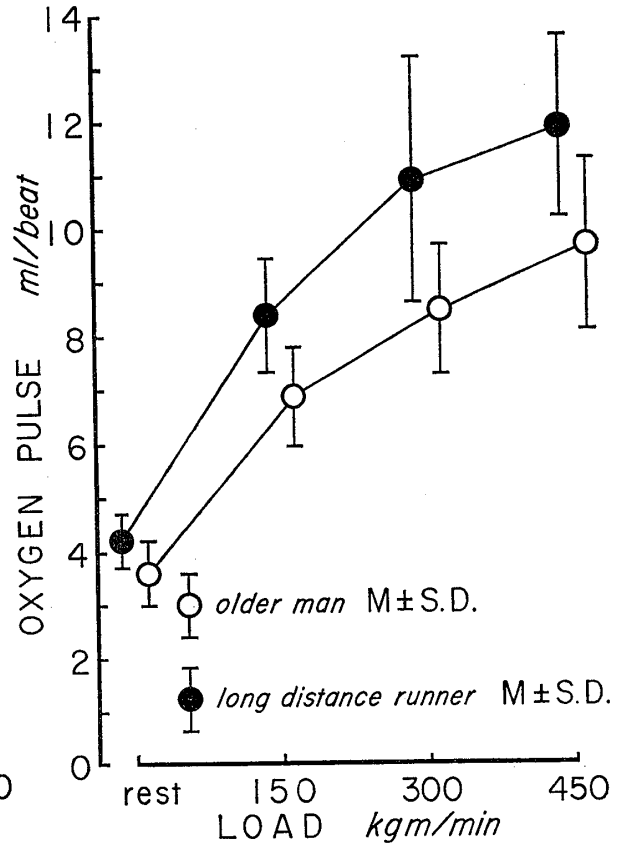


Fig. 5. Oxygen pulse at resting status and 3 kinds of work load.

高齢者の換気量は安静時に限らず各種の段階の運動において長距離選手より1~2l/min多いが、体重あたりの酸素摂取量は高齢者が低い値を示している。また呼吸の効率を示す酸素摂取率でも、高齢者は長距離選手に比べて低い ( $P < 0.01$ )。

Fig. 5はFig. 4と同様に酸素脈について示したものであるが、両群とも安静時には3~4 ml/beatの値である。運動強度の増加とともに両群の差は大きくなるが、450kgm/minの運動では、長距離選手の11.9ml/beatに対して、高齢者は9.7ml/beatであり5%水準で有意に低い。

#### IV 考 察

本実験の高齢者は健康マラソンやジョギン

グ・歩行などの身体運動を実施している鍛練者であり (Table 1), 一般の高齢者より高い体力水準にあるものと推察される<sup>12), 16)</sup>。しかしこのように鍛練された高齢者の場合でさえも、安全を考慮した極めて軽度の運動に対する呼吸循環応答は、長距離選手との間に明白な差が認められ、運動強度の増加とともにその差は一層増大する傾向を示している。

すなわち両群間の酸素脈には5%水準で有意の差が認められ、150kgm/min, 300kgm/minの運動に対する心拍数の差はそれぞれ11beats/min, 9beats/minとなり、長距離選手の優位が実証された。とくに運動強度の増加とともに高齢者の酸素脈の増量は長距離選手に比べて極めて少ない。このように高齢者の酸素脈の増量が少ないことは、心臓の拍動ごとに摂取する酸

素量, 換言すれば 1 beat ごとに心臓から駆出される有効酸素量の増量が少ないことに起因するものであり, その結果心拍数の増大傾向があるといえる。この高齢者における心拍数の増大は, 運動による酸素需要にともなう心拍出量の維持によるものであると推察される。

以上のように運動の強度に適應するための高齢者の心拍数の増加は当然考えられることであるが, その増加には限界があるといえる。Robinson<sup>24)</sup>や Åstrand, P.-O.<sup>5)</sup>によれば最大運動時の心拍数は年齢とともに減少し, 10歳では 210beats/min, 25歳では 195beats/min, 50歳では 175beats/min と低下し, 65歳では 165beats/min と報告している。Åstrand, I<sup>3)</sup>はその原因を, 高い心拍数の心臓に要する酸素価が大きいため最高心拍数を低くすることによって心臓の負担度を軽減させていると指摘している。

本実験の被検者の平均年齢は 64.4 歳であり, 上記の報告から, その最高心拍数は 170beats/min 以下と推測される。さらに高齢者と長距離選手の運動時心拍数の差は 150kgm/min の運動では 11beats/min, 300kgm/min の運動では 9 beats/min となり, 450kgm/min の運動においては有意な差は認められず, 両群の差は運動強度の増加とともに小さくなった。これは高齢者の最高心拍数の上限が低いことに由来し, また運動強度の増加とともに, 高齢者の心臓の予備能力が次第に減少するものと考えられる。

次に血圧についてみると, 安静時における高齢者の血圧の平均値は 141.0/88.2mmHg であり, 同年齢の一般人の平均値<sup>31)</sup>より, 収縮期血圧は 13mmHg, 拡張期血圧で 1 mmHg と, ともに低い値を示している。deVries<sup>7)</sup>によれば運動不足は交感神経の緊張を促がし血圧を上昇させるが, 運動を持続すると副交感神経が優位になり血圧を低下させることを指摘している。また Hartley, et al.<sup>10)</sup>は 1 週 2~3 時間, 8~10 週間のランニングを継続した結果, 平均動脈血圧が 5mmHg 低下することを報告して

いる。また Harris, et al.<sup>9)</sup>も 12 週間のジョギングにより収縮期血圧が 11.4mmHg, 拡張期血圧が 7.8mmHg 減少することを観察している。これらの報告と同様に本実験の高齢者の血圧も低値を示していたことは, 運動の実施が加齢に伴う動脈硬化を抑制する効果を持つものと考えてよいであろう。

しかし年齢の割合に比較的低い血圧を示した高齢者も, 運動開始とともに収縮期血圧がほぼ直線的に増加し, 運動終了前には 190mmHg に達している。なおこの時の心拍数は 111beats/min であり, この年齢の最高心拍数を前述の報告から 170beats/min と推定すると, 450 kgm/min の運動強度は最高心拍数の約 40% に相当すると考えられる。このように強度が最高心拍数の 50% 以下の運動において, 高齢者の収縮期血圧が 190mmHg に達することは注目に値する結果である。

Reindell, et al.<sup>23)</sup>は 100watt (612kgm/min) の運動直後, 25歳の男子の収縮期血圧の平均値が 125/75mmHg の値から 160/80mmHg と増加し, 55歳グループでは平均値 140/80mmHg から 180/90mmHg と 40mmHg の増加を示し, 中高年者が青年に比較して高い安静時血圧からさらに大きく増加することを報告している。また著者ら<sup>28)</sup>も平均年齢 45歳の男子が体重あたり 12.5kgm/min (約 725kgm/min) の運動を 6 分間実施した結果, 運動中止直後の収縮期血圧が平均 184mmHg に上昇したことを観察している。さらに勝木ら<sup>17)</sup>および増田ら<sup>20)</sup>は運動による血液需要に対して, 加齢とともに同一強度の運動では心拍数を増加させず, 血圧を上昇させて応答することを報告しているが, 本研究もこれらと同様な結果を得たといえる。

収縮期血圧は心臓のエネルギー消費の指標であり動脈血管壁が受ける緊張の度合を示すもの<sup>18)</sup>であるが, 高齢者の強度が 50% 以下の運動においても, 収縮期血圧が 190mmHg に増加したことは, 心機能が亢進し, 心臓血管系が極めて大きいストレスを受けていたことと推定することができる。

拡張期血圧は主として動脈血流と末梢抵抗によって決定されるが、高齢者の拡張期血圧が長距離選手より有意に高かったということは、被検者が運動を実施している高齢者とはいえ、末梢の血管抵抗が高いことを示唆している。

一方収縮期血圧と拡張期血圧で決定される脈圧では、高齢者が低い値を示している。脈圧は心臓のポンプ作用の指標<sup>6)</sup>となることから、運動実施の高齢者ですら脈圧が低いことは、加齢とともに心臓の血液駆出力が低下しているものと推察される。この点に関して Strandell<sup>30)</sup>は60歳から80歳の被検者に物理的に同一作業を実施した時の心拍出量は、青年に比較して約2 l/min 低く、一回拍出量も20%低下していることを認めており、高齢者の心臓における血液駆出力の低下を指摘している。

次に呼吸機能について、Liljestrand<sup>19)</sup>は呼吸運動に必要なエネルギーは呼吸筋の酸素消費量によって示され、安静時における呼吸筋の酸素消費量は1 lの換気量で0.5~1mlであると報告し、Otis<sup>22)</sup>は強度の増加とともに呼吸筋の酸素消費量は指数関数的に増加すると報告しているが、本実験においても高齢者の運動時呼吸数は長距離選手に比較して2~3 breaths/min, 換気量で約2 l/min それぞれ高い値を示した。このように高齢者の呼吸数の多かったことは、呼吸筋における酸素の消費量が長距離選手より大きいことを示しているのであろう。また高齢者の呼吸の効率すなわち換気量1 lあたりの酸素消費量が極めて低かったが、呼吸の効率が低いことは、高齢者の呼吸数が多くなる原因であろう。このように高齢者は呼吸の効率が低いので、呼吸数や換気量を増すことによって運動時の酸素の需要を補っているものと考えてよいであろう。

心拍数の反応について著者ら<sup>28)</sup>は運動終了時の心拍数を140 beats/min に統一した時、すなわち生理的負担を等しくした場合の心拍数の立ち上がりを調べた結果、思春期前期(11歳)で最も早く、思春期(14歳)、青年期(20歳)、壮年期(45歳)と加齢とともに立ち上がりは遅くな

ることを指摘した。また同年齢で体力の優れている群は劣っている群に比較し心拍数の立ち上がりの早いことを報告<sup>27)</sup>しているが、本実験においても運動に対する高齢者の心拍数の反応が、長距離選手に比べて極めて遅い結果を得た。このことは高齢者の運動に対する呼吸循環器系の適応能の低下と指摘しうるであろう。

以上のような実験結果から、高齢者が運動を実施するにあたって注意すべきことは、十分なwarming up をすることであり、また運動開始の時点ではその強度を下げ、徐々に強度をあげることでありといえる。一方長距離選手の心拍数や呼吸数の初期反応にみられた過増加反応は、長期間の激しい持久運動の呼吸循環機能に対するトレーニング効果のあらわれであり、運動時の調節機能の良さを示すものである。

さらに高齢者の運動後の心拍数、血圧、呼吸数の遅い回復は、物理的に同一仕事量であっても高齢者にとっては生理的負担度が高いことによるものであろう。

以上のような実験から日常的に運動を実施している高齢者の呼吸循環反応が明確にされたが、この結果の一部は同時に対照群である長距離選手の特徴として捉えることも可能である。今後の課題として運動を実施していない青年や高齢者との比較検討も残されていよう。

## V 要約および結論

本研究は運動実施高齢者の呼吸循環機能の運動反応を大学長距離選手との比較において検討したものである。被検者の年齢は50.9歳から76.2歳(平均64.4±8.9歳)の健康な高齢者10名(50歳台4名, 60歳, 70歳台各3名)である。高齢者の対照群として長距離選手10名(平均年齢20.0±1.1歳, 5000m ベスト記録の平均タイム16'15"3±38.6")を選んだ。

方法は自転車運動であるが、安全性を考慮した比較的軽い強度であり、150kgm/min, 300kgm/min, 450kgm/min の運動をそれぞれ4分間、漸増的に連続12分間行ったものである。運動中の心拍数および呼吸数は連続記録され、収

縮期血圧, 拡張期血圧は1分毎に Riva Rocci 式水銀血圧計を使用して聴診法により測定された。なお各運動の2分45秒から各1分間の呼気を採集し, 換気量, 酸素摂取量, 酸素摂取率, 酸素脈を算出した。

これらの実験により以下の結果が得られた。

- 1) 同一仕事量に対する高齢者の心拍数は, 長距離選手に比較して5~11beats/min 高い値を示した。また酸素脈や脈圧が小さい傾向から, 高齢者は心拍出量を心拍数で補償していることが示唆された。
- 2) 運動実施の高齢者の安静時血圧は一般に低い。しかし心拍数が110beats/min のような軽い運動でも高齢者の収縮期血圧は大きく増加する傾向にあり, 従って高齢者の運動実施にあたって, 血圧を十分に監視する必要がある。
- 3) 高齢者は呼吸の効率が低いので, 運動時の酸素需要を呼吸数や換気量を増大させることにより補っている。
- 4) 運動に対する高齢者の心拍数の反応は極めて遅く, また心拍数, 血圧, 呼吸数の回復も遅延する。従って高齢者は運動の実施にあたり warming up を十分に実施し, また運動初期には強度を下げて徐々に強度を増すなどの配慮の必要性が認識された。

稿を終えるにあたり, 終始懇切な御指導と御校閲を賜った東北大学北村仁教授ならびに北海道大学中川功哉助教授に深く感謝の意を表す。なお本研究の要旨は第32回日本体力医学会総会<sup>29)</sup>において口演発表した。また本研究は昭和50年度文部省科学研究補助金(一般研究D 課題番号 068054)による研究報告の一部である。

## 参 考 文 献

- 1) Adams, G. M., and deVries, H. A.: Physiological effects of an exercise training regimen upon women aged 52 to 79. *J. Geront.*, **28**, 50-55, 1973.
- 2) Asano, K., Ogawa, S., Furuta, Y., Yano, T., and Tomihara, M.: Aerobic work capacity and blood composition in middle and old-aged runners. *Bull. Inst. Sport Science. The Faculty of Phy. Ed. Tokyo Univ. of Education* **14**, 21-34, 1976.
- 3) Åstrand, I., Åstrand, P.-O., and Rodahl, K.: Maximal heart rate during work in older men. *J. Appl. Physiol.*, **14**, 526-566, 1959.
- 4) Åstrand, I.: Aerobic work capacity in men and women with special reference to age. *Acta physiol. scand.*, **49**, (Suppl. 169), 1960.
- 5) Åstrand, P.-O.: Experimental studies of physical working capacity in relation to sex and age. Munksgaard: Copenhagen, 1952.
- 6) Åstrand, P.-O., and Rodahl, K.: Textbook of work physiology. McGraw-Hill: New York, 1970.
- 7) deVries, H. A.: Physiological effects of exercise training regimen upon men aged 52-88. *J. Geront.*, **25**, 325-336, 1970.
- 8) Dill, D. B., Horvath, S. M., and Graig, F. M.: Responses to exercise as related to age. *J. Appl. Physiol.*, **12**, 195-196, 1958.
- 9) Harris, W. E., Bowerman, W., McFadden, R. B., and Kerns, T. A.: Jogging. An adult exercise program. *J. A. M. A.*, **201**, 759-761, 1967.
- 10) Hartley, L. H., Grimby, G., Kilbom, A., Nilsson, N. J., Åstrand, I., Bjure, J., Ekblom, B., and Saltin, B.: Physical training in sedentary middle-aged and older men. III. Cardiac output and gas exchange at submaximal and maximal exercise. *Scand. J. clin. Lab. Invest.*, **24**, 335-344, 1969.
- 11) 旗野脩一: 人口高令化と高令者の健康, からだの科学, **76**, 91-96, 1977.
- 12) 星川 保, 松井秀治, 小林寛道: 名古屋地区在住



- の非鍛練中高年者の有酸素的作業能. 体育科学, **3**, 31-40, 1975.
- 13) 石河利寛, 清水達雄, 佐藤 佑: 勤労青少年の作業能力向上のための至適運動強度について. 体育科学, **1**, 73-80, 1973.
- 14) 石河利寛, 清水達雄, 永井信雄, 佐藤 佑: 女子大学生における最大酸素摂取量の35, 50, 65および80%強度でのトレーニング効果について. 体育科学, **2**, 207-217, 1974.
- 15) 嘉戸 脩: 中・高年のマラソン愛好者の実態調査から. 健康と体力, **9**, 86-87, 1977.
- 16) Kasch, R. W., and Wallace, J. P.: Physiological variables during 10 years of endurance exercise. *Med. Sci. in Sports*, **8**, 5-8, 1976.
- 17) 勝木新次, 増田 允, 江橋 博: 中高年者における筋力発揮と呼吸の関連. 体力研究, **8**, 169-178, 1966.
- 18) 北村和夫, 牧野 毅: 運動に対する循環系の反応. 呼吸と循環, **16**, 481-489, 1975.
- 19) Liljestrand, G.: Untersuchungen über die atmungsarbeit. *Scand. Arch. Physiol.*, **35**, 199-293, 1918. (文献<sup>6)</sup>より引用)
- 20) 増田 允, 芝山秀太郎, 江橋 博: 循環, 呼吸機能の解析による中高年者の運動至適量の検索. 体力研究, **6**, 55-72, 1965.
- 21) 文部省体育局編: 昭和50, 51年度体力・運動能力調査の結果. 文部省体育局スポーツ課, 1977.
- 22) Otis, A. B.: The work of breathing. *Physiol. Rev.*, **34**, 449-458, 1964.
- 23) Reindell, H., Klepzig, H., Steim, H., Musshoff, K., Roskamm, H., and Schildge, E.: Herz kreislaufkrankheiten und sport.: Johann Ambrosius Barth, Munich, 1960. (文献<sup>6)</sup>より引用)
- 24) Robinson, S.: Experimental studies of physical fitness in relation to age. *Arbeit-physiol.*, **10**, 251-323, 1938.
- 25) Robinson, S., Dill, D. B., Robinson, R. D., Tzankoff, S. P., and Wagner, J. A.: Physiological aging of champion runners. *J. Appl. Physiol.*, **41**, 46-51, 1976.
- 26) Saltin, B., Hartley, L. H., Kilbom, A., and Åstrand, I.: Physical training in sedentary middle-aged and older men. II. Oxygen uptake, heart rate, and blood lactate concentration at submaximal and maximal exercise. *Scand. J. Clin. Lab. Invest.*, **24**, 323-334, 1969.
- 27) 佐藤 佑, 石河利寛, 形本静夫: 全身持久力トレーニングと心拍応答パターン, 第26回体力医学会総会報告書, 69-70, 1972.
- 28) 佐藤 佑, 石河利寛, 青木純一郎, 清水達雄, 前嶋 孝: 運動に対する心拍数, 血圧, 呼吸数の反応の年齢別, 性別特性に関する研究. 体力科学, **26**, 165-176, 1977.
- 29) 佐藤 佑: 高齢者の運動時心拍, 血圧, 呼吸の応答. 第32回体力医学会総会予稿集, 108, 1977.
- 30) Strandell, T.: Circulatory studies on healthy old men. *Acta med. scand.*, **175** (Suppl. 414), 1964.
- 31) 東京都立大学身体適性学研究室編: 日本人の体力標準値 第2版: 不昧堂, 東京, 1975.

## Cardiorespiratory Functions of Active Older Men During the Light Exercises

— Comparison with long distance runners of a college —

Tasuku SATO, Shukuko KOJIMA, and Toshiro KANNO

The purpose of this investigation was to examine the cardiorespiratory functions of the active older men during the light exercises. The subjects were 10 healthy older men from 50.9 to 76.2 years old ( $64.4 \pm 8.9$  yrs). The members of the controled group consisted of 10 long distance runners of a college.

Physiological functions of all subjects were studied at three graded exercises, i. e., 150kgm/min, 300kgm/min and 450kgm/min on a bicycle ergometer for 4 minutes each. Physiological parameters were heart rate, blood pressure, respiratory rate,  $\dot{V}_E$ ,  $\dot{V}_{O_2}$ , oxygen removal and oxygen pulse.

The results of this study were summarised as follows :

- 1) With the same work load the heart rate in the older men was higher than that of the controled group. It was suggested that the high heart rate ment the compensation for the cardiac output.
- 2) The resting blood pressure was low in the active older men. Even in the light exercises the older men's heart rate turned to 110 beats/min, and their systolic blood pressure increased to 190mmHg. Therefore, it is essential for us to monitore the blood pressure during the exercise especialy in case of the older men.
- 3) Because of their low efficiency on respiratory function, the oxygen requirement during exercise was compensated for high respiratory rate and ventilation in the older men.
- 4) As the response of the heart rate is slow during exercise in the older men, it is indispensable to warm up sufficiently before any exercise.